

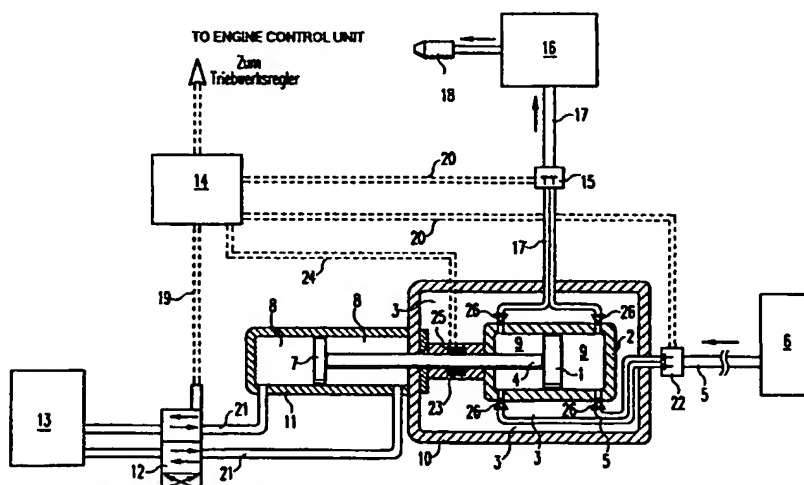
**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : F02C 7/22, F04B 15/08, 9/113, F02C 9/30, 3/22	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/10640</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. März 1999 (04.03.99)
---	----	--

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/05267 (22) Internationales Anmeldedatum: 19. August 1998 (19.08.98) (30) Prioritätsdaten: 197 36 337.7 21. August 1997 (21.08.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INDUS- TRIEANLAGEN-BETRIEBSGESELLSCHAFT MBH [DE/DE]; Einsteinstrasse 20, D-85521 Ottobrunn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TÖNSKÖTTER, Hans [DE/DE]; Frauenschuhstrasse 14a, D-85591 Vaterstetten (DE). (74) Anwälte: BOHNENBERGER, Johannes usw.; Meissner, Bolte & Partner, Postfach 86 06 24, D-81633 München (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CA, RU, UA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
--	---

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE ELECTRONICALLY CONTROLLED SUPPLY AND DOSING OF CRYOGENIC MEDIA IN AIRCRAFT ENGINES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG FÜR DIE ELEKTRONISCH GEREGLTE FÖRDERUNG UND ZUMESSUNG KRYOGENER MEDIEN BEI FLUGTRIEBWERKEN



(57) Abstract

The invention relates to an electronically controlled supply and dosing device for cryogenic media such as liquid hydrogen at  $-250^{\circ}\text{C}$ , for use preferably in aircraft engines but also for industrial applications. According to the invention the cryogenic medium is supplied to the engine by means of piston pumps operating by phase-displacement. The piston pumps are each driven by electronically controlled hydraulic linear motors.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine elektronisch geregelte Förder- und Zumesseinrichtung für kryogene Medien wie z.B. flüssigen Wasserstoff bei -250 °C, vorzugsweise für den Einsatz bei Flugtriebwerken, aber auch für industrielle Anwendungen. Dabei wird das kryogene Medium dem Triebwerk mittels phasenverschoben arbeitender Kolbenpumpen zugeführt. Die Kolbenpumpen werden jeweils von elektronisch gesteuerten, hydraulischen Linearmotoren angetrieben.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabon	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Verfahren und Anordnung für die elektronisch geregelte  
Förderung und Zumessung kryogener Medien bei Flugtriebwerken**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die zur Realisierung erforderliche Anordnung mit Bauelementen zur elektronisch geregelten Förderung und Zumessung kryogener Medien, wie z.B. Flüssigwasserstoff bei  $-250^{\circ}\text{C}$ , für Flugtriebwerke und für industrielle Anwendungen.
- 10 Der Stand der Technik bei der Förderung und Zumessung des Kraftstoffes für Flugtriebwerke (Strahltriebwerke) ist dadurch gekennzeichnet, daß als Kraftstoff Kerosin verwendet wird. Das Kerosin wird in der Regel über eine Zahnradpumpe, die zur Vermeidung von Kavitation häufig eine Zentrifugalpumpe als Vorstufe aufweist, gefördert und über ein separates Zumeßventil der Brennkammer des Triebwerks zugeführt. Da die Pumpe über
- 15 das Hilfsgetriebe vom Triebwerk direkt angetrieben wird, ist sie so zu dimensionieren, daß sie bei allen Drehzahlen des Triebwerkrotors den jeweils maximal auftretenden Kraftstoffbedarf für die Rotorbeschleunigung im bodennahen Flug abdecken kann. In allen anderen Betriebssituationen fördert sie dann ständig einen Überschuß, der entweder zum Kraftstofftank oder zum Pumpeneintritt zurückgeführt wird.
- 20 Bei kryogenen Kraftstoffen, wie z.B. Flüssigwasserstoff, ist eine derartige Rezirkulation nicht möglich, da dies zur Dampfblasenbildung am Pumpeneintritt (Kavitationsgefahr) bzw. zu nicht akzeptablen Verdampfungsverlusten im Kraftstofftank führen würde. Aus diesem Grund ist für kryogene Medien eine regelbare, durchsatzvariable Kraftstoff-Förderung, die jeweils nur den tatsächlich vom Triebwerk benötigten Kraftstoff (ohne Über-
- 25 schuß) bereitstellt, unumgänglich.

- 2 -

Als nächstkommender Stand der Technik ist das auf Flüssigwasserstoff umgerüstete russische Triebwerk NK-88 anzusehen ( V. A. Sosounov, V. N. Ovlov: „Experimental Turbofan using Liquid Hydrogen and Natural Gas and Fuel“, AIAA 90-2421, Juli 1990).

5

Bei diesem Triebwerk wird eine aus der Raketentechnik übernommene 2-stufige Turbo-Zentrifugalpumpe verwendet. Die Pumpe wird zur Regelung des Fördervolumens, realisiert über Drehzahlvariation, mit Druckluft vom Triebwerk betrieben. Die Zumessung des Treibstoffs erfolgt über ein Gaszumeßventil, das stromab vom Wärmetauscher/Verdampfer installiert ist. Zur Steuerung der Kryo-Ventile wird Helium verwendet.

10

Das bei dem NK-88 angewandte Bauprinzip hat mehrere Nachteile: Die hohe Anzahl der Komponenten bedingt eine hohe Komplexität des Gesamtsystems, die wegen der zu fordernden sehr hohen Betriebszuverlässigkeit unerwünscht ist. Die Isolationsmöglichkeit der Zentrifugalpumpe ist prinzipbedingt schlecht. Ebenfalls ungünstig ist, daß für die Pumpe und für das Zumeßventil je ein Regelkreis eingerichtet werden muß, die funktional gekoppelt sind. Ferner weist die Zentrifugalpumpe wegen des großen Spalteinflusses bei der Förderung von Flüssigwasserstoff einen schlechten Wirkungsgrad auf. Zu erwähnen ist noch die Verschlechterung des Triebwerkwirkungsgrades durch Zapfluftentnahme für den Pumpenantrieb.

15

20

Weitere Konzepte und Untersuchungen zum Stand der Technik in: William Conrad: „Turbine Engine Altitude Chamber and Flight Testing with Liquid Hydrogen“, DGLR/DFVLR Symposium on Hydrogen in Air Transportation, Stuttgart, 1979.

25

- 3 -

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und die zur Realisierung erforderlichen Anordnungen anzugeben, die gegenüber dem Stand der Technik folgende Vorzüge aufweisen:

- 5      1.      Das Kraftstoff-Förder- und -Zumeßsystem soll vereinfacht, die Zuverlässigkeit soll erhöht und die Herstellungs- und die Wartungskosten sollen verringert werden.
2.      Der Pumpenwirkungsgrad und damit der Triebwerkswirkungsgrad sollen verbessert werden.
- 10     3.      Das Gesamtgewicht der benötigten Komponenten soll verringert werden.
4.      Kavitation durch Verdampfungsvorgänge in der Pumpe soll ausgeschlossen werden.
- 15     5.      Druckschwankungen in der Treibstoff-Förderung sollen minimal sein, eine pulsationsfreie, stabile Verbrennung ist sicherzustellen.
- 20     6.      Die hohen Anforderungen an kurze Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten und das schnelle Ansprechen der Triebwerke sollen auch mit kryogenen Treibstoffen sichergestellt werden.
- 25     7.      Pro Triebwerk soll nur ein Regelkreis für die Kraftstoff-Förderung und -Zumessung erforderlich sein, sofern nicht Redundanzen gewünscht werden.

- 4 -

8. Dichtungs- und Isolationsprobleme, wie sie bei Zentrifugalpumpen auftreten, sollen ausgeschaltet werden.

5 Diese Ziele werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der zugehörigen Anordnung von Elementen wie folgt erreicht (Figur 1):

10 Der kryogene Treibstoff wird durch eine Kolbenpumpe vom Kryotank 6 zu den Einspritzdüsen 18 gefördert. Angetrieben wird der Pumpenkolben 1 der Kryopumpe durch einen mittels einer axial bewegbaren Kolbenstange 4 gekoppelten Hydraulikkolben 7. Der Hydraulikdruck wird von einer Hydraulik-Versorgungseinheit 13 bereitgestellt; der Hydraulikstrom zur Erzeugung der Hubbewegungen des Hydraulikkolbens 7 wird von einem Regler 14, vorzugsweise digitaler Bauart, mittels Servoventil 12 gesteuert.

15 Als Kolbenpumpe kann eine doppeltwirkende Pumpe eingesetzt werden, wobei jedoch ein Abfallen des Förderdurchsatzes beim Durchgang des Pumpenkolbens 1 im Umkehrpunkt in Kauf genommen werden muß (Figur 2a). Um eine pulsationsarme Kraftstoff-Förderung zu erreichen, können zwei einfachwirkende Pumpensysteme parallel mit einer Phasenverschiebung von  $180^\circ$  zwischen den Arbeitstakten der beiden Pumpenkolben 1 eingesetzt werden. Dadurch kompensieren sich in den Kolbenumkehrpunkten der Druckabfall  
20 der einen und der Druckanstieg der anderen Kolbenpumpe, so daß in der Summe ein weitgehend konstanter Förderstrom und konstanter Förderdruck erreicht werden kann (Figur 2c). Eine andere Art der Glättung des Druckprofils läßt sich durch den Einsatz von zwei doppeltwirkenden Pumpen, die um  $90^\circ$  phasenverschoben arbeiten, erreichen (Figur 2b). Der noch verbleibende geringe, kurzzeitige Druckabfall in den jeweiligen Kol-  
25 benumkehrpunkten wird durch das Speichervolumen des nachgeschalteten Wärmetauschers 16 weitgehend ausgeglichen. Auch eine größere Anzahl parallel geschalteter

Pumpen als zwei und andere als die oben genannten Winkel der Phasenverschiebung sind Bestandteil des erfinderischen Anspruchsumfangs.

Wenn Pumpensysteme parallel eingesetzt werden, ergibt sich bei deren elektrischer und mechanischer Entkopplung eine die Betriebssicherheit steigernde Redundanz, wobei bei Ausfall eines Pumpensystems allerdings pulsierende Schwankungen im Durchsatz und im Druck in Kauf genommen werden müssen. Zur Erhöhung der Sicherheit und zur besseren Fehlererkennung können die digitale Regelung zwei- oder mehrkanalig und die elektrischen Teile des Systems ein- oder mehrfach redundant ausgeführt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert in der Realisierung folgende Bauelemente und Anordnung (Figur 1):

Die Pumpe für das kryogene Medium besteht aus einem Pumpenkolben 1, der in einem Pumpengehäuse 2 läuft, dessen Arbeitsräume 9 mit dem zu fördernden kryogenen Treibstoff befüllt sind. Das Pumpengehäuse 2 der Kryopumpe wird umgeben von einem Isolationsgehäuse 10, wobei der Zwischenraum zwischen dem Isolationsgehäuse 10 und dem Pumpengehäuse 2 der Kryopumpe als Isolationsraum 3 ausgebildet ist. Es ist vorzugsweise Isolierung durch Vakuum vorzusehen. Der Pumpenkolben 1 ist mittels einer axial bewegbaren Kolbenstange 4 mit dem den Antrieb besorgenden Hydraulikkolben 7 verbunden. Dieser läuft in dem Hydraulikgehäuse 11, dessen Arbeitsräume 8 beidseits des Hydraulikkolbens 7 so mit den Hydraulikleitungen 21 verbunden sind, daß der Hydraulikkolben 7 auch in den jeweiligen Umkehrpunkten funktionsgemäß mit dem Hydraulikfluid beaufschlagt werden kann. Der Hydraulikdruck wird von der Hydraulik-Versorgungseinheit 13 (bekannte Technik) bereitgestellt. Die Steuerung des Hydraulikfluids nach Stärke und Richtung (das Fluid in den Hydraulikleitungen 21 ändert seine Strömungsrichtung ständig entsprechend der dem Hydraulikkolben 7 aufzugebenden Hub-

bewegung) erfolgt durch den vorzugsweise in digitaler Bauart ausgeführten Regler 14. Mit Hilfe eines Software-Programms steuert der Regler 14 das Hydraulik-Servoventil 12: Gesteuert wird die jeweilige Fließrichtung des Hydraulikfluids, die Fließrichtungsumkehr und die Fließmenge, mit der die Hubgeschwindigkeit des Hydraulikkolbens 7 bestimmt wird.

5 Hierzu benötigt der Regler 14 laufend Informationen über die jeweils momentane Position des Hydraulikkolbens 7 in dem Hydraulikgehäuse 11 und über seine Geschwindigkeit. Diese werden mittels des elektrischen Weg- und Geschwindigkeitsaufnehmers 23 erhoben und dem Regler 14 über die Meßwertleitung 24 laufend zugeführt. Der Weg- und Geschwindigkeitsaufnehmer 23 kann in das Führungsstück 25 integriert werden, was  
10 eine kompakte Bauweise erlaubt. Der Regler 14 kontrolliert darüber hinaus die Hydraulik-Versorgungseinheit 13 und liefert Fehlermeldungen bei Ausfall oder Fehlverhalten von einzelnen Komponenten.

15 Die erfinderisch vorgesehene Bauweise der direkt gekoppelten Hydro- und Kryoteile hat nicht nur den Vorteil hoher Zuverlässigkeit und hoher Kompaktheit, sie ist auch günstig bezüglich Minimierung von Leckagen: Die einzige Stelle, wo dies auftreten kann, ist der Übergang von Hydro- und Kryoteil. Dieser kann bei Bedarf entlüftet und erforderlichenfalls gespült werden, z.B. mit Stickstoff. Zur Minimierung des Wärmeflusses vom Hydroteil zum Kryoteil kann die Kolbenstange 4 als Rohr und das Führungsstück 25 aus faserverstärktem Kunststoff ausgeführt werden.  
20

Zur Funktionsweise: Der Pumpenkolben 1 saugt gemäß dem ihm vom Hydraulikkolben 7 vorgegebenen Rhythmus das Kryomedium aus dem Tank 6 über die Ansaugleitung 5 in die Arbeitsräume 9, drückt es von dort über die Druckleitungen 17 und über den Wärmetauscher 16 in die Einspritzdüsen 18. Zur Verhinderung von Rückflüssen sind in den  
25 Saugleitungen 5 und in den Druckleitungen 17 Rückschlagventile 26 vorgesehen. Ein elektronischer Regler 14 regelt die Bewegung des Hydraulikkolbens so, daß ein möglichst



- 7 -

gleichmäßiger Förderstrom erreicht wird. In der Saugleitung 5 und in der Druckleitung 17 können Absperrventile 22 und 15 vorgesehen werden, die vom Regler 14 über die Leitungen Absperrventil 20 gesteuert und kontrolliert werden. Ihr Zweck: Nach Abschalten des Triebwerkes verhindern die Absperrventile 22 und 15 ein Nachlaufen von Treibstoff.

5

In der Figur 1 sind weitere erforderliche Elemente wie der Hydraulikkühler, die Drains für das Hydraulikmedium und für das kryogene Medium zwischen Kryom- und Hydroteil sowie die Abdichtung der Kolbenstange 4 nicht eingetragen, weil sie nicht erfindungsrelevant bzw. Stand der Technik sind.

10

Auf die industrielle Anwendbarkeit der hier für Flugtriebwerke dargestellten Förder- und Zumeßeinheit für kryogene Medien wird hingewiesen. Ferner wird darauf hingewiesen, daß anstelle des hydraulischen Linearmotors ein elektrischer Linearmotor als Antrieb für das erfindungsgemäße elektronisch geregelte Förder- und Zumeßsystem gewählt werden kann.

15

Figur 1 zeigt schematisch die Anordnung der Bauelemente für die kryogene Kraftstoff-Förderung und Zumessung, hier mit einer doppelwirkenden Kryopumpe.

20

Figur 2a zeigt das Kraftstoffdurchsatzprofil über der Zeitachse für eine doppelwirkende Kryopumpe,

Figur 2b zeigt das Profil für zweidoppelwirkende Kryopumpen, die um 90° phasenverschoben arbeiten,

25

und

- 8 -

Figur 2c zeigt das Profil von zwei einfachwirkenden Kryopumpen, die um  $180^\circ$  phasenverschoben arbeiten.

5

10

15

20

25

**Bezugszeichenliste**

	1.	Pumpenkolben
	2.	Pumpengehäuse
	3.	Isolationsraum
5	4.	Kolbenstange
	5.	Ansaugleitung
	6.	Kryotank
	7.	Hydraulikkolben
	8.	Arbeitsräume Hydraulikantrieb
10	9.	Arbeitsräume Kryopumpe
	10.	Isolationsgehäuse
	11.	Hydraulikgehäuse
	12.	Hydraulik-Servoventile
	13.	Hydraulik-Versorgungseinheit
15	14.	Regler
	15.	Rückschlagventil (druckseitig)
	16.	Wärmetauscher
	17.	Druckleitung Kryomedium
	18.	Verdampferdüsen
20	19.	Leitung Regelungssignale Servoventile
	20.	Leitung Absperrventil
	21.	Hydraulikleitungen
	22.	Rückschlagventil (saugseitig)
	23.	Weg- u. Geschwindigkeitsaufnehmer
25	24.	Meßwerteleitung
	25.	Führungsstück
	26.	Rückschlagventil

### Patentansprüche

- 5        1.        Verfahren für die Förderung und Zumessung kryogener Treibstoffe vorzugsweise bei Flugtriebwerken, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

Die Förderung des kryogenen Treibstoffes, z.B. flüssiger Wasserstoff bei -250°C aus dem Tank (6) zu den Einspritzdüsen (18) erfolgt mittels einer Kolbenpumpe.

10

Zum Antrieb der Kolbenpumpe wird ein hydraulischer Linearmotor eingesetzt. Die Kolbenpumpe für die Förderung des kryogenen Treibstoffs und der sie antreibende hydraulische Linearmotor bilden eine gekoppelte Einheit.

15

Die Steuerung des hydraulischen Linearmotors und damit des Kraftstoffdurchsatzes nach Menge und Förderdruck erfolgt durch einen programmgesteuerten Regler (14), vorzugsweise digitaler Bautechnik.

20

Der Regler (14) steuert den hydraulischen Linearmotor über ein Servoventil (12) derart, daß zwischen den Bereichen der Kolbenumkehrbewegung eine konstante Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens (7) und damit des Pumpenkolbens (1) für einen konstanten Kraftstoffdurchsatz über der Zeitachse erreicht wird.

25

Die momentane Position des Hydraulikkolbens (7) sowie seine jeweilige Geschwindigkeit werden laufend mittels eines elektrischen Weg- und Geschwindigkeitsaufnehmers (23) an der Kolbenstange (4) erhoben und dem Regler (14) zugeleitet. Die Kolbenpumpe ist von doppeltwirkender Bauart.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß zur Minimierung der Druck- und Durchsatzschwankungen des kryogenen Treibstoffes zwei doppeltwirkende, parallel mit 90° Phasenverschiebung arbeitende Kolbenpumpen eingesetzt werden.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß zur Minimierung der Druck- und Durchsatzschwankungen des kryogenen Treibstoffes zwei einfachwirkende, parallel mit 180° Phasenverschiebung arbeitende Kolbenpumpen eingesetzt werden.
4. Anordnung für die Förderung und Zumessung kryogener Treibstoffe vorzugsweise bei Flugtriebwerken, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- Zur Förderung des kryogenen Treibstoffes aus dem Kryotank (6) zu den Einspritzdüsen (18) ist eine Kolbenpumpe, bestehend aus dem Pumpenkolben (1), dem Pumpengehäuse (2), der Kolbenstange (4) sowie der saugseitigen und der druckseitigen Leitungen (5) und (17) für das Kryomedium, vorhanden.
- Zum Antrieb des Pumpenkolbens (1) und der Kolbenstange (4) ist ein hydraulischer Linearmotor, bestehend aus dem Hydraulikkolben (7) sowie dem Hydraulikgehäuse (11), der Hydraulik-Versorgungseinheit (13) und den Hydraulikleitungen (21) vorhanden.

- 12 -

Der Pumpenkolben (1), der Hydraulikkolben (7) und die Kolbenstange (4) sind als starr verbundene, axial bewegbare Einheit ausgebildet.

5 Zur Steuerung des hydraulischen Linearmotors ist ein Regler (14), vorzugsweise digitaler Bauart, vorhanden.

Der Regler (14) enthält ein Programm zur Steuerung des Hydraulik-Servoventils (12) sowie zur Schaltung des in der Ansaugleitung (5) angeordneten Absperrventils (22) und des in der Druckleitung (17) angeordneten Absperrventils (15).

10 Es ist ein elektrischer Weg- und Geschwindigkeitsaufnehmer (23) vorhanden, dessen Signale bezüglich Position und Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens (7) und damit des Pumpenkolbens (1) über die Meßwerteleitung (24) dem Regler (14) zugeführt werden.

15 Der Weg- und Geschwindigkeitsaufnehmer (23) ist vorzugsweise im Führungsstück (25) integriert.

20 Das Pumpengehäuse (2) ist mit einem Isolationsgehäuse (10) derart umgeben, daß zwischen beiden eine den Wärmefluß minimierende Isolierung, vorzugsweise Vakuum, vorhanden ist.

Zwischen der Kolbenpumpe und den Einspritzdüsen (18) ist ein Wärmetauscher (16) vorhanden.

25

- 13 -

5. Anordnung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß die Kolbenstange als Rohr ausgebildet ist und aus einem Material mit niedriger Wärmeleitung, beispielsweise aus Titan, besteht.

5

6. Anordnung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß das Führungstück (25) aus Material mit niedriger Wärmeleitfähigkeit wie z.B. faserverstärkten Kunststoffen besteht.

10

7. Anordnung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß zur Minimierung von Druck- und Durchsatzschwankungen zwei doppeltwirkende, parallel arbeitende Kolbenpumpen mit jeweils eigenem Linearmotor und Servoventil vorhanden sind, die mit einer 90° Phasenverschiebung betrieben werden.

15

8. Anordnung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß zur Minimierung von Druck- und Durchsatzschwankungen zwei einfach wirkende, parallel arbeitende Kolbenpumpen mit 180° Phasenverschiebung vorhanden sind.

20

9. Anordnung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß anstelle des hydraulischen Linearmotors ein elektrischer Linearmotor vorgesehen ist.

25

1/2

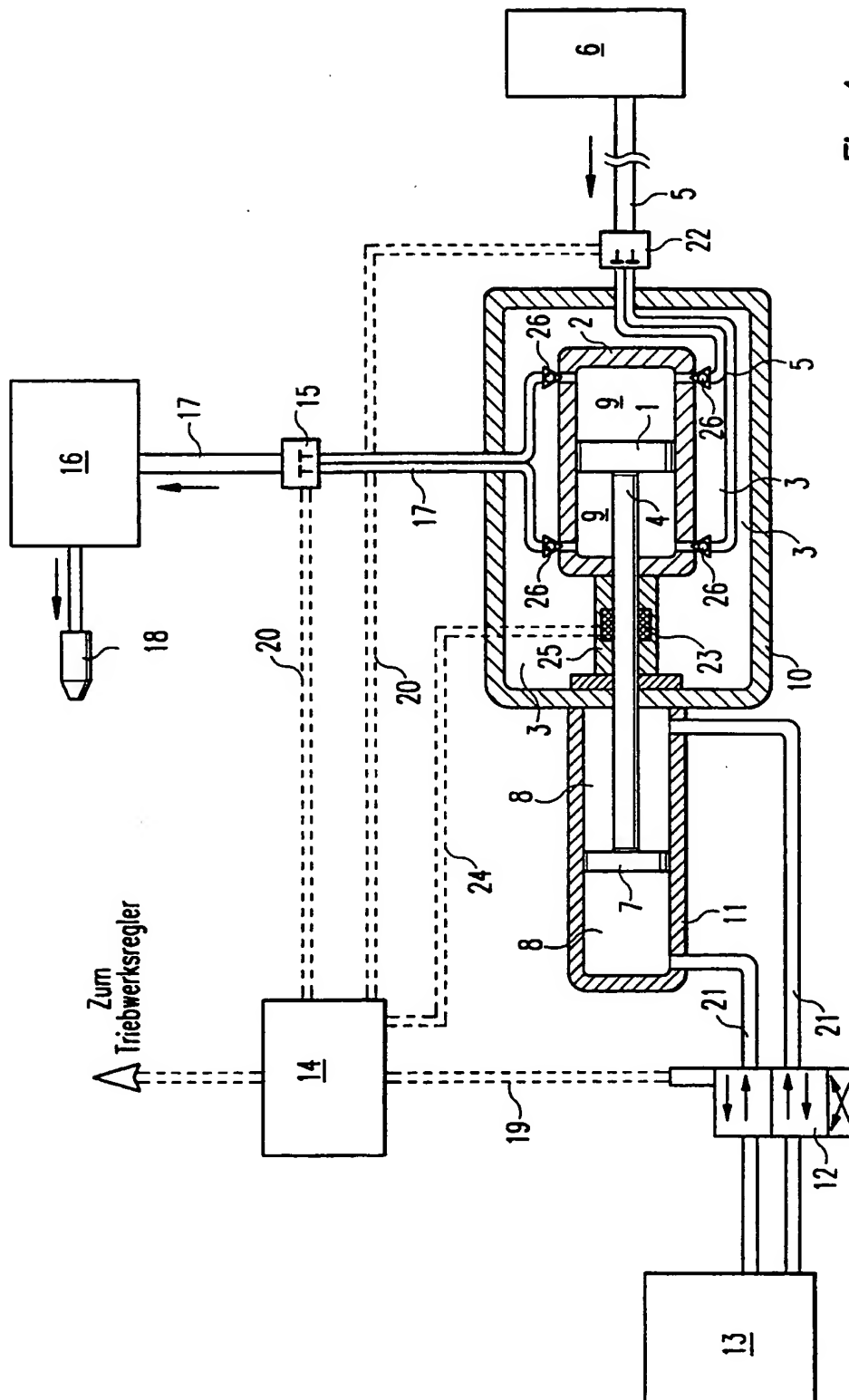
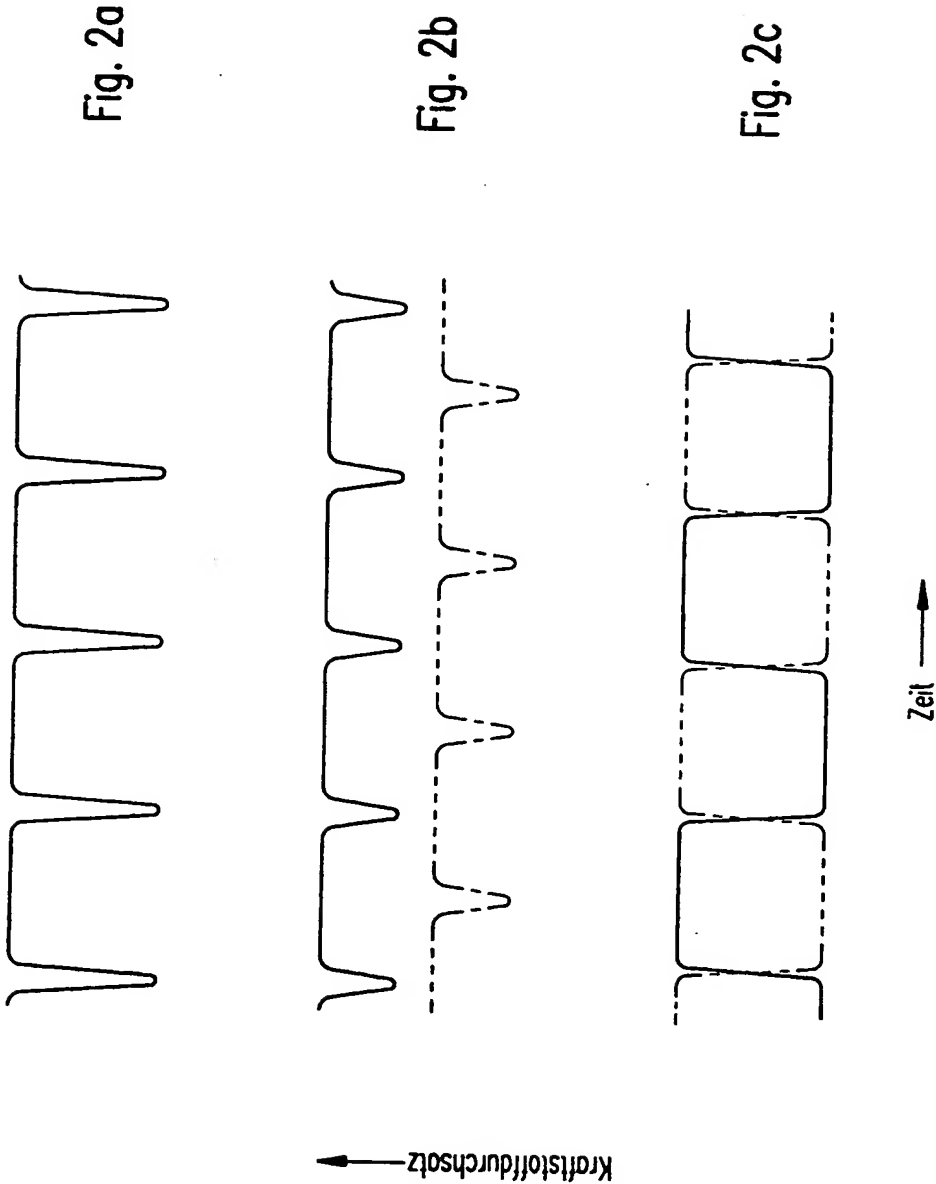


Fig. 1





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.

PCT/EP 98/05267

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F02C7/22 F04B15/08 F04B9/113 F02C9/30 F02C3/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F02C F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 42 21 805 A (MAK SYSTEM GMBH) 5 January 1994 see column 2, line 17 - line 54; figure 1	1-9
Y	DE 41 07 846 A (DAIMLER BENZ AG) 17 September 1992 see column 1, line 61 - column 3, line 47; figure 1	1-9
Y	US 3 304 882 A (YEAROUT) 21 February 1967 see column 4, line 28 - column 6, line 9; figure 4	1-9
A	US 3 756 456 A (GEORGI D) 4 September 1973 see abstract; figure 1	1-9
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 1998

Date of mailing of the international search report

23/12/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/05267

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 33 42 381 A (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 5 June 1985 see abstract	1-9
A	DE 31 05 649 A (HARTMANN & LAEMMLE) 30 September 1982 see abstract; figure 1	1-9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/05267

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4221805 A	05-01-1994	US 5369948 A US 5406784 A	06-12-1994 18-04-1995
DE 4107846 A	17-09-1992	NONE	
US 3304882 A	21-02-1967	NONE	
US 3756456 A	04-09-1973	CA 993083 A DE 2325902 A FR 2185790 A JP 49051980 A US RE29495 E	13-07-1976 13-12-1973 04-01-1974 20-05-1974 13-12-1977
DE 3342381 A	05-06-1985	FR 2556050 A	07-06-1985
DE 3105649 A	30-09-1982	CH 656674 A FR 2500081 A JP 57153983 A	15-07-1986 20-08-1982 22-09-1982

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/05267

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 F02C7/22 F04B15/08 F04B9/113 F02C9/30 F02C3/22

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 F02C F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 42 21 805 A (MAK SYSTEM GMBH) 5. Januar 1994 siehe Spalte 2, Zeile 17 - Zeile 54; Abbildung 1	1-9
Y	DE 41 07 846 A (DAIMLER BENZ AG) 17. September 1992 siehe Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 3, Zeile 47; Abbildung 1	1-9
Y	US 3 304 882 A (YEAROUT) 21. Februar 1967 siehe Spalte 4, Zeile 28 - Spalte 6, Zeile 9; Abbildung 4	1-9
A	US 3 756 456 A (GEORGI D) 4. September 1973 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1	1-9

-/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Dezember 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/12/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iverus, D

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern ~~als~~ Aktenzeichen

PCT/EP 98/05267

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 33 42 381 A (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 5. Juni 1985 siehe Zusammenfassung	1-9
A	DE 31 05 649 A (HARTMANN & LAEMMLE) 30. September 1982 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1	1-9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung..., die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/05267

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4221805	A	05-01-1994	US	5369948 A	06-12-1994
			US	5406784 A	18-04-1995
DE 4107846	A	17-09-1992	KEINE		
US 3304882	A	21-02-1967	KEINE		
US 3756456	A	04-09-1973	CA	993083 A	13-07-1976
			DE	2325902 A	13-12-1973
			FR	2185790 A	04-01-1974
			JP	49051980 A	20-05-1974
			US	RE29495 E	13-12-1977
DE 3342381	A	05-06-1985	FR	2556050 A	07-06-1985
DE 3105649	A	30-09-1982	Ch	656674 A	15-07-1986
			FR	2500081 A	20-08-1982
			JP	57153983 A	22-09-1982